

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

HENRIQUE NEYFFER DE SOUZA

O ESTADO DA ARTE DA MECANIZAÇÃO DA SILVICULTURA EM
TERRENOS MONTANHOSOS

CURITIBA

2014

O ESTADO DA ARTE DA MECANIZAÇÃO DA SILVICULTURA EM TERRENOS MONTANHOSOS

2014

HENRIQUE NEYFFER DE SOUZA

O ESTADO DA ARTE DA MECANIZAÇÃO DA SILVICULTURA EM
TERRENOS MONTANHOSOS

Trabalho apresentado ao curso de Pós-graduação em Gestão Florestal, Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná como requisito parcial à obtenção do grau de Especialização em Gestão Florestal.

Orientador: Prof. Alessandro Camargo Angelo

CURITIBA

2014

AGRADECIMENTOS

A Deus por cada dia.

A minha família pelo apoio e incentivo, especialmente a minha mãe Elismácia de Souza Magalhães e irmãs Kássia Magalhães de Souza e Keity Magalhães de Souza.

A CENIBRA pela disponibilização das informações necessárias e indispensáveis a elaboração deste trabalho.

RESUMO

As empresas florestais no Brasil têm continuamente desenvolvido novas pesquisas e tecnologias que visam aumentar a produtividade do eucalipto e do seu processo de utilização, com a finalidade de manter a competitividade no mercado mundial. A introdução de novas tecnologias encontra diversas dificuldades, entre elas o fator ambiental, onde a produção florestal em terrenos montanhosos gera maior impedimento a utilização de equipamentos convencionalmente utilizados em outras atividades e empresas florestais. O desenvolvimento de novas tecnologias, na maioria das vezes fica restrito ao círculo operacional e tantas outras vezes, restringe-se a empresa que a desenvolve. A reunião de informações sobre equipamentos já desenvolvidos para a silvicultura mecanizada em regiões montanhosas permite não só a dispersão de conhecimento como também a instigação ao desenvolvimento e utilização de tecnologias já testadas, mas não necessariamente atualmente empregadas. Também serve de base ao levantamento de tecnologias de potencial uso nessas áreas florestais garantindo assim a redução de custos, diminuição de demanda de mão-de-obra, qualidade e segurança da atividade. O trabalho foi executado com base em pesquisas na base de dados e experiências de uma empresa florestal em terrenos montanhosos de Minas Gerais e de informações apresentadas por outras empresas com atividades no mesmo tipo de área. A literatura científica ofereceu informações sobre os fatores determinantes da mecanização da silvicultura e as tecnologias potenciais foram sugeridas baseando-se em pesquisas de fornecedores de produtos florestais em diversos países. Pode-se observar que existem poucos equipamentos desenvolvidos para operações silviculturais em áreas montanhosas sendo que as atividades são realizadas majoritariamente de forma manual. Observa-se também, que o trator agrícola é a base da maioria dos trabalhos de mecanização da silvicultura e as tecnologias de mecanização utilizadas em outros países ainda apresentam elevados custos. Apesar das inúmeras tecnologias testadas, poucas estão em operação regular em terrenos íngremes, mas com a contínua demanda de produtos florestais, haverá maior pressão para aproveitamento das áreas montanhosas, impondo maior força a busca da mecanização dessas áreas e o trabalho serve de fonte de informações para avaliação de projetos para testes e desenvolvimento.

Palavras-chaves: Terrenos acidentados. Desenvolvimento florestal. Máquinas.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - VISÃO DO RELEVO DE PARTE DA REGIÃO DE TRABALHO.....	15
FIGURA 2 - QUADRO COM DISTRIBUIÇÃO DE ÁREAS POR FAIXA DE DECLIVIDADE.	16
FIGURA 3 - TRITURADOR DE RESÍDUOS / REBAIXADOR DE TOCOS EM TERRENO MONTANHOSO.....	19
FIGURA 4 – A) ESCAVADEIRA HIDRÁULICA COM CULTIVADOR. B) ÁREA COVEADA.....	20
FIGURA 5 - ESCAVADEIRA HIDRÁULICA COM COVEADOR E APLICADOR DE ADUBOS	20
FIGURA 6 - <i>TRACK SKIDDER</i> REALIZANDO SUBSOLAGEM.....	21
FIGURA 7 - APLICAÇÃO MANUAL DE CALCÁRIO	22
FIGURA 8 - <i>FORWARDER</i> 6X6 COM CAÇAMBA E DISTRIBUIDOR DE CALCÁRIO.	23
FIGURA 9 - TRATOR DE ESTEIRA DE PEQUENO PORTE REALIZANDO DISTRIBUIÇÃO DE ADUBOS.....	23
FIGURA 10 - APLICAÇÃO DE HERBICIDA COM HELICÓPTERO.....	25
FIGURA 11 - <i>FORWARDER</i> 6X6 COM TANQUE E BARRAS PARA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS.	25
FIGURA 12 – A) TRATOR DE ESTEIRA DE PEQUENO PORTE COM PULVERIZADOR. B) CONJUNTO EM OPERAÇÃO.	26
FIGURA 13 - TRATOR DE PEQUENO PORTE REALIZANDO APLICAÇÃO DE INSETICIDAS.....	27
FIGURA 14 - <i>HARVESTER</i> DE PNEUS COM GUINCHO DE TRAÇÃO AUXILIAR.	31
FIGURA 15 - MÁQUINA COM SISTEMA DE CABOS DE TRAÇÃO REALIZANDO BALDEIO EM TERRENOS ÍNGREMES.	31
FIGURA 16 - CARREGADORA AUTOPROPELIDA UTILIZADA NA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	32
FIGURA 17 - ESCAVADEIRA REALIZANDO CORTE DE VEGETAÇÃO EM TERRENOS ALTAMENTE INCLINADOS.	33
FIGURA 18 - <i>FORWARDER</i> 8X8 COM COVEADOR HIDRÁULICO DE BROCAS.	34

FIGURA 19 - CABEÇOTE <i>SAVANNAH 1380</i> REALIZANDO O PREPARO DE SOLO.	35
FIGURA 20 - PLANTADORA <i>ECOPLANTER</i>	35
FIGURA 21 - ESCAVADEIRA HIDRÁULICA COM PLANTADORA.	36
FIGURA 22 - SISTEMA ORIGINAL DE COVEAMENTO E PLANTIO.	36
FIGURA 23 - PLANTADORA <i>M-PLANTER</i>	37
FIGURA 24 – A) MÁQUINA BASE COM DISTRIBUIDOR DE ADUBO. B) MÁQUINA SUPERANDO INCLINAÇÃO ACENTUADA.	38
FIGURA 25 - <i>FORWARDER 8X8</i> COM DISTRIBUIDOR DE ADUBO E SUPORTE PARA BAGS.	38
FIGURA 26 - DISTRIBUIDOR SENSORIADO DE ADUBO.	39
FIGURA 27 - ROÇADEIRA DUPLA MÓVEL.	39
FIGURA 28 - TRATOR-ROÇADORA EM TERRENO INCLINADO.	40
FIGURA 29 - FELLER-BUNCHER COM SISTEMA DE PULVERIZAÇÃO POR TAXAS VARIÁVEIS.	41
FIGURA 30 - QUADRICICLO COM SISTEMA DE PRECISÃO PARA APLICAÇÃO DE ISCAS FORMICIDAS.	42

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

GPS – Global Positioning System

PIB – Produto Interno Bruto

TDA – Tração Dianteira Auxiliar

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVO	12
3	MATERIAL E MÉTODOS	13
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1	EXEMPLO DE UMA EMPRESA FLORESTAL DE TERRENOS MONTANHOSOS.....	15
4.1.1	Características edafoclimáticas e topográficas	15
4.1.2	Histórico de mecanização	16
4.2	TECNOLOGIAS TESTADAS / ATUAIS.....	17
4.2.1	Tratores / máquinas base	17
4.2.2	Preparo de área	18
4.2.3	Preparo de solo.....	19
4.2.4	Plantio	21
4.2.5	Fertilização.....	22
4.2.6	Controle de matocompetição	24
4.2.7	Irrigação	26
4.2.8	Controle de pragas.....	27
4.3	LIMITAÇÕES A MECANIZAÇÃO	28
4.4	TECNOLOGIAS POTENCIAIS.....	30
4.4.1	Tratores / máquinas base	30
4.4.2	Preparo de área	33
4.4.3	Preparo de solo.....	34
4.4.4	Plantio	35
4.4.5	Fertilização.....	37
4.4.6	Controle de matocompetição	39
4.4.7	Irrigação	41
4.4.8	Controle de pragas.....	42
4.5	SÍNTESE DE MÁQUINAS E APLICAÇÕES.....	43
5	CONCLUSÕES	47
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro ocupa posição de destaque na economia do país, onde o setor de florestas plantadas representado pela IBÁ (Indústria Brasileira de Árvores) contribuiu com 6% do PIB nacional em 2013 gerando aproximadamente 5 milhões de empregos diretos, indiretos, e resultantes do efeito-renda (DADOS..., 2014). Segundo a mesma entidade, atualmente, o Brasil possui aproximadamente 7,2 milhões de hectares de plantios florestais de eucalipto, pinus e outras espécies (acácia, araucária, paricá e teca).

O constante crescimento do setor florestal no país baseia-se basicamente na ocorrência de condições ambientais apropriadas, uso de tecnologia referência na produção florestal e desempenho positivo da economia em escala global.

Segundo Montebello e Bacha (2009), as empresas de celulose e papel no Brasil continuam buscando novas pesquisas e tecnologias que visam aumentar a produtividade do eucalipto e do seu processo de utilização, com a finalidade de manter a competitividade no mercado mundial.

Uma das formas de tecnologia aplicadas a produção refere-se a colheita florestal que evoluiu significativamente nos últimos 20 anos, a partir da aquisição de máquinas de grande porte específicas para aquelas operações e importadas de países com tradição no meio florestal (ALTOÉ, 2004).

Para a silvicultura, o processo tem sido mais lento, onde os sistemas produtivos têm se beneficiado pelo desenvolvimento tecnológico obtido por outros segmentos (WHELAN et al., 1997), no caso geral, a agricultura alavancando a silvicultura.

Segundo Soares (2008), nos anos 60 e 70, a silvicultura brasileira era incipiente como ciência e caracterizava-se pelo uso de tratores de esteira, arados, grades e correntes, empregados em um sistema de cultivo intensivo. Wichert (2006) acrescenta que nessa época era comum o uso de fogo para limpeza de área através da queima de resíduos.

Nos anos 80 houve uma intensificação do uso do trator agrícola e de implementos também de base agrícola que passaram a serem empregados em sistemas de cultivo mínimo. Nos anos 90, o início das certificações, a preocupação cada vez maior com a conservação do solo, as exigências da legislação ambiental e

a abertura do mercado a importações com o início do Plano Real, geraram uma silvicultura mais voltada ao cultivo mínimo, com o emprego de tratores mais potentes e implementos mais adaptados (SOARES, 2008). O uso da grade *bedding* nesse período, tornou-se o primeiro passo rumo ao emprego de processos com vistas à melhoria da conservação do solo para o plantio de florestas (WICHERT, 2006).

Já nos anos 2000, o uso de equipamentos exclusivamente florestais, tratores com cabines e com elevada capacidade hidráulica (SOARES, 2008), tornaram-se mais que sonhos e estão aos poucos se integrando a realidade de todos os produtores florestais.

Mesmo com essa evolução é perceptível a diferença entre a colheita florestal e a silvicultura, onde enquanto a colheita caracteriza-se pela experiência florestal escandinava, com alto desenvolvimento de sistemas, boas opções de fabricantes, altos investimentos e tecnologias de ponta, a silvicultura restringe-se a equipamentos/processos de base agrícola, com pouco desenvolvimento nos últimos 40 anos, um reduzido número de fabricantes, investimentos limitados e baixa tecnologia empregada (SOARES, 2008).

No que trata de implantação de povoamentos florestais, especialmente em condições de montanhas, o avanço de mecanização praticamente inexistente. A mecanização se restringe a regiões planas e quase sempre com adaptações de implementos usados na agricultura (BURLA, 2001).

A própria variação de cultivo, topografia, clima e condições socioeconômicas da população/empresa, fazem com que não exista uma única forma correta de mecanização para todas as situações, sendo necessário adaptar um tipo de processo/equipamento para cada variável (SILVEIRA, 1988).

A introdução de novas tecnologias encontra diversas dificuldades, dentre elas: resistência as mudanças, desconhecimento da existência da tecnologia, respostas com velocidade diferente a demanda, falta de pessoal especializado, referencial e fornecedores, investimentos insuficientes e muitas vezes retornos somente em longo prazo (SOARES, 2008). Malinovski (2012) adiciona que há pouco investimento de novas tecnologias para mecanização da silvicultura devido aos fabricantes serem em sua maioria de pequeno porte; comum desrespeito as patentes que desmotivam o investimento de empresas maiores; a burocracia e altos impostos para importação de equipamentos que poderiam ser testados no Brasil.

Acrescidas a essas dificuldades encontra-se o fator ambiental, onde a produção florestal em terrenos montanhosos gera maior impedimento a utilização de equipamentos convencionalmente utilizados em outras atividades e empresas florestais.

Para as áreas planas, a maioria das atividades silviculturais já pode ser feita de forma mecanizada utilizando-se tratores agrícolas adaptados e implementos específicos para uso no meio florestal (SALMERON, 1980), mas já para os terrenos fortemente ondulados ou montanhosos, a realização manual das atividades ainda é o sistema mais comum.

O desenvolvimento de novas tecnologias nas operações florestais, na maioria das vezes fica restrito ao círculo operacional (não acadêmico) e tantas outras vezes, restringe-se a empresa que a desenvolve.

A reunião de informações sobre equipamentos desenvolvidos para a silvicultura mecanizada em regiões montanhosas permite não só a dispersão de conhecimento como também a instigação ao desenvolvimento e utilização de tecnologias já testadas, mas não necessariamente atualmente empregadas. Também serve de base ao levantamento de tecnologias de potencial uso nessas áreas florestais garantindo assim a redução de custos, diminuição de demanda de mão-de-obra, qualidade e segurança da atividade.

2 OBJETIVO

Levantar tecnologias para mecanização das atividades de silvicultura em áreas montanhosas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi executado com base em pesquisas na base de dados e experiências de uma empresa florestal em terrenos montanhosos de Minas Gerais e de informações apresentadas por outras empresas com atividades no mesmo tipo de área.

Para melhor entendimento das características de um local de cultivo florestal sob condições de terrenos montanhosos também foram coletadas informações sobre as características ambientais e operacionais da mesma empresa florestal de Minas Gerais.

A literatura científica ofereceu informações sobre os fatores determinantes da mecanização da silvicultura e as tecnologias potenciais foram sugeridas baseando-se em pesquisas de fornecedores de produtos florestais em diversos países.

Para a obtenção de informações sobre a possibilidade de adoção de tecnologias na mecanização das atividades silvicultura, realizou-se uma vasta busca em periódicos, bancos de trabalhos acadêmicos, etc, dando-se ênfase nos trabalhos que abordavam as recentes técnicas e equipamentos potenciais para uso na silvicultura brasileira.

Utilizou-se como metodologia, a **Revisão Sistemática** que Sampaio e Mancini (2007) definem como uma investigação que *“utiliza como fonte de dados a literatura sobre determinado tema, (...) mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada”*. Selecionou-se bancos de teses de diversas universidades, sites de destaque no meio florestal e pesquisa na internet através de mecanismos de busca em diversos idiomas, tendo como principais palavras-chaves *mecanização, silvicultura, máquinas florestais, adubação florestal, plantio florestal*, dentre outras.

A declividade ou inclinação dos terrenos de cultivo foram divididas em duas classes, a saber: *planos/ondulados* que são aqueles em que a declividade varia de 0 a 15°; já os *montanhosos* são aqueles em que a declividade é igual ou superior a 16° e inferior a 45°. Esses valores foram determinados em função da literatura e experiência prática determinarem o valor de 15° como sendo uma declividade que é possível a operação convencional com tratores agrícolas, sem maiores riscos ao

equipamento e operadores. Áreas com declividade superior a 45° são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP) e não podem ser utilizadas em cultivos.

De acordo o foco do estudo, buscou-se informações somente de equipamentos que pudessem ser utilizados em áreas com declividade superior a 15°, atendendo a proposta de caracterizar a mecanização da silvicultura de florestas plantadas em terrenos montanhosos.

Os resultados das investigações foram categorizados em 3 classes: tecnologias testadas/atuais; limitações a mecanização; e tecnologias potenciais para a silvicultura nas condições de interesse.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EXEMPLO DE UMA EMPRESA FLORESTAL DE TERRENOS MONTANHOSOS

4.1.1 Características edafoclimáticas e topográficas

A maioria das áreas da empresa utilizada como exemplo, encontra-se em um domínio ambiental conhecido como a região do Mar de Morros, no leste de Minas Gerais, onde a altitude varia de 200 a 1300 m (FIGURA 1). Os tipos de solos predominantes são os Cambissolos e Latossolos (CENIBRA, 2013).



FIGURA 1 - VISÃO DO RELEVO DE PARTE DA REGIÃO DE TRABALHO.

A topografia da região é predominantemente montanhosa, conforme mostrado na FIGURA 2, onde dentre os aproximadamente 130.000 ha de plantios, 57% do total está sob declividades superiores a 15°.

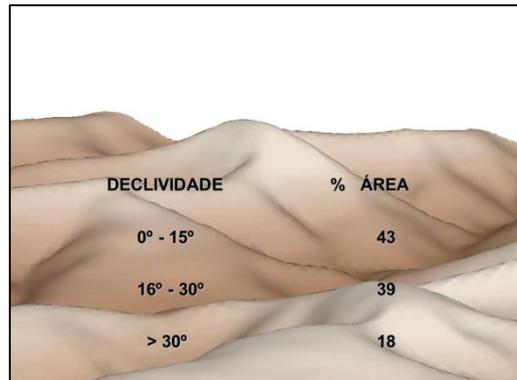


FIGURA 2 - QUADRO COM DISTRIBUIÇÃO DE ÁREAS POR FAIXA DE DECLIVIDADE.

Os climas são diversos, variando do AW (quente com chuvas de verão) ao CWb (tropical de altitude com chuvas de verão e verões quentes), passando pelo CWa (tropical de altitude com chuvas de verão e verões frescos) pela classificação climática de Köppen (CUSINATO et al., 1989). A temperatura média varia de 21,0 a 25,0 °C, e a precipitação média anual fica entre 1.190,0 e 1.430,0 mm (CENIBRA, 2013).

4.1.2 Histórico de mecanização

Até 1998, a maioria das atividades silviculturais da empresa era feita de forma manual, com auxílio de ferramentas, com exceção das atividades de limpeza do terreno e preparo de solo em áreas de implantação de novos plantios, que eram feitos com tratores de esteira até 1992. A partir de 1993, a empresa passou a só reformar plantios, praticamente eliminando o uso dessas máquinas (BURLA, 2001).

Baseado na experiência da colheita florestal que naquela época utilizava corte com motosserras, baldeio com tratores autocarregáveis 6x6 trafegando em áreas com até 20° de inclinação e descasque mecanizado com descascadores de 3.000 kg tracionados por tratores agrícolas de 91 cv 4x4 (BURLA, 2001), a empresa começou a buscar a realização de atividades de silvicultura com esses tipos de equipamentos.

Em 1999, testaram um coveador mecânico de duas brocas, um subsolador e um demolidor de cupinzeiros adaptado para abertura de covas. Os produtos não foram ratificados para grandes áreas, mas no início do ano 2000, o projeto assumiu

escala operacional, com execução de testes e serviços em áreas maiores (BURLA, 2001) e abrangentes a todas as atividades silviculturais.

4.2 TECNOLOGIAS TESTADAS / ATUAIS

As tecnologias testadas e/ou atualmente em uso para a silvicultura em terrenos montanhosos, com ênfase nas atividades mecanizadas são as seguintes:

4.2.1 Tratores / máquinas base

Máquinas base podem ser entendidas como máquinas que servem de fonte de deslocamento e força propulsora para que uma determinada atividade seja executada através de um ou mais implementos específicos para aquela operação (MALINOVSKI et al., 2006). Os principais exemplos de máquinas base florestais são os tratores agrícolas, tratores florestais e escavadeiras hidráulicas, onde pode-se instalar uma variada gama de implementos para as mais diversas operações florestais.

Quase a totalidade das atividades mecanizadas silviculturais brasileiras ainda são feitas por implementos acoplados ou tracionados por tratores agrícolas que tem seu desempenho limitado conforme se eleva a declividade do terreno (LEITE et al., 2011).

A utilização de tratores de esteira, de elevada potência e capacidade de tração tem permitido um avanço pequeno, mas importante na mecanização de diversas atividades como subsolagem, onde a operação com este tipo de máquina base é recomendada até 21° de inclinação do terreno.

Uma forma de se atingir maiores níveis de mecanização, tem sido a utilização de máquinas de colheita florestal adaptadas com implementos florestais. Atualmente não há em operação regular ou de escala nas grandes empresas florestais brasileiras, mas *Forwarders*, *Harvesters*, *Skidders* e outros já foram

adaptadas para atividades silviculturais em caráter de teste ou sob avaliação em vários locais.

Dentre as máquinas citadas, o trator florestal utilizado na movimentação de toretes por ocasião da colheita, o *forwarder* tem se mostrado como uma das máquinas mais versáteis podendo ser utilizadas em diversas atividades da silvicultura brasileira.

4.2.2 Preparo de área

O preparo de área é definido por Louzada e Marciano (1995) como o conjunto de atividades que visam eliminar ou reduzir as restrições ao cultivo posterior, como resíduos (galhadas, toretes, etc.), pedras, tocos, cupinzeiros e desníveis localizados no terreno.

Para o preparo de área, no que tange as atividades de limpeza de resíduos e rebaixamento de tocos em terrenos montanhosos, as opções de equipamentos já testados são trituradores e rebaixadores adaptados como cabeçotes em escavadeiras hidráulicas, objetivando o avanço da mecanização quando comparado ao uso de tratores agrícolas com esses mesmos implementos.

Existem no mercado, diversas opções de tratores de esteira de elevada potência (maior que 250 cv), dotado de trituradores, que consistem em um rotor com ferramentas de ponta de metal resistente. Esse conjunto tem capacidade de atingir inclinações superiores a 25° (FIGURA 3), mas normalmente seu uso só é viável economicamente se executado junto a outras operações, como subsolagem, coveamento, adubação, etc. (BURLA, 2001).



FIGURA 3 - TRITURADOR DE RESÍDUOS / REBAIXADOR DE TOCOS EM TERRENO MONTANHOSO
 FONTE: CENIBRA (2014)

4.2.3 Preparo de solo

Segundo Fessel (2003), preparo de solo pode ser definido como “o rompimento periódico da massa contínua do solo, o qual pode ser realizado por inversão de camadas, por deslocamento lateral-horizontal, por desagregação subsuperficial [subsoladores e motocoveadores] ou por revolvimento rotativo”.

O sistema de preparo de solo atualmente utilizado nas empresas florestais é o sistema de cultivo mínimo (FESSEL, 2003), onde nas áreas planas realiza-se a subsolagem por meio de subsoladores acoplados a tratores agrícolas (WICHERT, 2005) e nos terrenos montanhosos realiza-se o coveamento semimecanizado ou manual (GIUNTI NETO, 2013)

A subsolagem visa reduzir a densidade do solo e a resistência à penetração de raízes, aumentar a permeabilidade, diminuir o escoamento superficial da água de chuva em áreas declivosas e o encharcamento em terrenos planos (SEIXAS, 1988).

Diversos estudos como os de Lima et al. (2004), Souza et al. (2004) e Pereira et al. (2012) descrevem a inclinação limite para a operação com tratores agrícolas como variando entre 17 e 22°, mostrando a grande limitação deste equipamento levando em conta a adição das diversas adversidades do meio florestal.

Para terrenos montanhosos, atualmente o uso de perfuradores de solo semimecanizados também chamados de motocoveadores já são ferramentas

comuns as empresas localizadas neste tipo de condição de terreno (MINETTE et al., 2010).

Em testes, a utilização de implemento de hastes adaptadas (chamadas de *Cultivador*) em escavadeiras hidráulicas (FIGURA 4) permitiu o avanço da mecanização da atividade de coveamento em áreas com até 32° de declividade (CURTI e COSTA, 2013), apesar de atualmente não estar em operação devido ao alto custo para uma única operação.

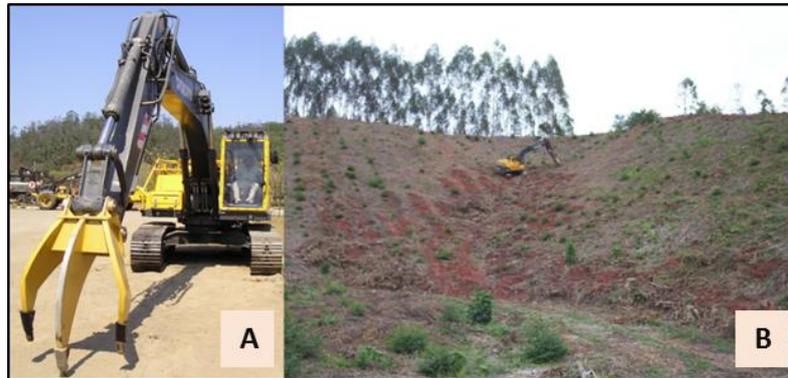


FIGURA 4 – A) ESCAVADEIRA HIDRÁULICA COM CULTIVADOR. B) ÁREA COVEADA.
FONTE: CENIBRA (2014)

A utilização de coveadores instalados em escavadeiras hidráulicas (FIGURA 5) já compreende uma operação regular em algumas empresas florestais no Brasil. Mattos et al. (2013) descrevem que no cabeçote coveador *Rotree*, o preparo de solo é realizado por duas hastes que penetram e desestruturam o solo em um movimento circular acionado por um motor hidráulico. Há uma mobilização média de 0,17 m³ de solo por cova e ainda pode-se conjugar essa atividade com as operações de fertilização e aplicação de pré-emergente. Guinti Neto et al. (2013) mencionam que este equipamento tem sido utilizado em áreas com 19 a 22° de declividade.



FIGURA 5 - ESCAVADEIRA HIDRÁULICA COM COVEADOR E APLICADOR DE ADUBOS
FONTE: Rotree (2014)

A utilização de tratores de esteira e *Track skidders* permitem o avanço de mecanização da subsolagem em áreas com até 25 e 28° de declividade, respectivamente (FIGURA 6). Curti e Costa (2013) afirmam que apesar do bom rendimento da operação com o *Track skidder* as dificuldades relacionadas a movimentação do equipamento entre as diversas áreas e necessidade de manutenção mecânica especializada limitam a operação.



FIGURA 6 - *TRACK SKIDDER* REALIZANDO SUBSOLAGEM.
FONTE: CENIBRA (2014)

Devido a necessidade de se realizar a subsolagem transversalmente a declividade do terreno, essa operação só pode ser feita em curvas de nível para garantir a conservação do solo e minimizar a erosão (BURLA, 2001).

4.2.4 Plantio

Em áreas com elevadas declividades, o plantio é feito de forma manual principalmente com o uso de plantadeiras de acionamento manual tipo matraca (FERREIRA et al., 2006), (PAGOTTO, 2007) e com uma ferramenta chamada de chucho (BURLA, 2001). Enquanto o chucho é uma haste de aço ou madeira, com uma ponta para perfurar o solo e um limitador de profundidade, a plantadeira é um tubo oco de metal ou plástico (PVC), com uma ponta com lâminas que realizam a perfuração do solo, com uma alavanca que controla a abertura das lâminas, uma ou duas empunhaduras e um limitador de profundidade (FESSEL, 2003).

As plantadoras mecanizadas com múltiplas funções e atualmente utilizadas principalmente em áreas de implantação florestal, são tracionadas por trator agrícola e por isso não conseguem trabalhar em condições de terrenos declivosos.

4.2.5 Fertilização

Segundo Martins et al. (2010), fertilização é uma prática que visa suprir as demandas nutricionais das plantas, nas diferentes fases de cultivo objetivando a maior produção e rentabilidade do negócio.

As adubações mais comuns no meio florestal são as adubações de arranque, base ou plantio (no fundo da cova, no fundo da linha subsolada ou em covetas laterais a muda) e adubações de cobertura/manutenção (sobre o solo) (WILCKEN et al., 2008).

Em terrenos montanhosos, comumente realiza-se a adubação de covetas com uso de plantadeiras tipo matraca de acionamento manual e adaptadas para essa operação, já as adubações sobre o solo são feitas manualmente a lanço, ou com o uso de dosadores costais.

A aplicação de corretivos como calcário, ou aplicação de resíduos e material orgânico é feita na maioria das áreas, de forma manual a lanço (FIGURA 7).



FIGURA 7 - APLICAÇÃO MANUAL DE CALCÁRIO
FONTE: CENIBRA (2014)

Uma opção de mecanização para essa operação em áreas com elevadas declividades refere-se ao uso de equipamento de colheita florestal *Forwarder* adaptado com uma caçamba de armazenamento de insumos e sistema de

distribuição (CURTI e COSTA, 2013), em substituição a convencional caixa de carga utilizada no transporte de toretes (FIGURA 8). Em outras palavras, representa a união de um implemento distribuidor de calcário convencional, mas de grande capacidade, instalado sobre uma máquina de colheita florestal que atua normalmente em declividades de até 30°.



FIGURA 8 - FORWARDER 6X6 COM CAÇAMBA E DISTRIBUIDOR DE CALCÁRIO.
FONTE: CENIBRA (2014)

Tratores de esteira de pequeno porte, em testes, conseguiram avançar em áreas de até 25° na aplicação de calcário e adubos (FIGURA 9) mostrando-se como uma boa alternativa, principalmente para fertilizações em plantios já instalados, já que seu reduzido porte permite seu deslocamento entre as linhas de plantio com maior facilidade.



FIGURA 9 - TRATOR DE ESTEIRA DE PEQUENO PORTE REALIZANDO DISTRIBUIÇÃO DE ADUBOS.
FONTE: CENIBRA (2014)

Outra opção bastante utilizada em áreas agrícolas, em florestas da Europa e América do Norte e que vem ganhando espaço em empresas florestais brasileiras, trata-se da aplicação aérea de fertilizantes granulados por meio de aviões agrícolas

e helicópteros, conforme apresentado por Almado (2013) que descreve a utilização de avião agrícola em áreas da empresa Arcellor Mital Bioflorestas no ano de 2006. Outras empresas como Caxuana Reflorestamento Ltda. (VERGANI e SANTOS, 2013) também utilizam este recurso em seus plantios mas para áreas planas.

4.2.6 Controle de matocompetição

A matocompetição pode ser entendida como a ocorrência de plantas indesejáveis que competem por recursos com a cultura de interesse, já o controle da matocompetição ou de plantas daninhas consiste segundo Vargas e Roman (2006), em limitar o crescimento e/ ou reduzir sua frequência de ocorrência na área, até níveis aceitáveis para convivência, que não prejudiquem a cultura ou que o dano causado seja inferior ao custo que seria gasto no combate destas.

Em áreas onde os tratores agrícolas não operam com segurança, as atividades de controle mecânico (com enxada, foice, roçadeira, etc.) e de controle químico (aplicação de herbicida) são feitas majoritariamente de forma manual ou semimecanizada.

Para o controle químico, as tecnologias manuais mais comuns são a utilização de pulverizadores costais com acionamento manual (alavanca), pressurizado, motorizado e elétricos (CHAIM, 1999). Uma opção bastante utilizada na agricultura e já testada em diversas empresas refere-se a aplicação aérea de herbicidas por meio de aviões de pequeno porte e helicópteros (FIGURA 8). Este processo é também largamente utilizado em implantações florestais nos Estados Unidos (DICKENS et al., 200?).



FIGURA 10 - APLICAÇÃO DE HERBICIDA COM HELICÓPTERO.
FONTE: CENIBRA (2014)

Curti e Costa (2013) atentam para o fato de que restrições ambientais e leis municipais inviabilizam o uso desse sistema em alguns locais, principalmente em áreas de pequenas extensões e próximas a fazendas e comunidades.

Um equipamento que já foi testado, mas que atualmente não está em operação regular é caracterizado como um *Forwarder* 6x6 onde foi instalado um tanque de aço com capacidade para 18.000 litros de água (FIGURA 11), com sistema de quebra ondas, barra de 18 metros (retrátil e com sistema pantográfico para elevação) e que foi utilizado na aplicação de herbicida em pré-plantio (BURLA, 2001).



FIGURA 11 - FORWARDER 6X6 COM TANQUE E BARRAS PARA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS.
FONTE: CENIBRA (2014)

Tratores de esteira de pequeno porte, em testes, conseguiram avançar em áreas de até 20° na aplicação herbicidas em áreas pré-plantio ou em plantios maduros (FIGURA 12), mas a sensibilidade as irregularidades do terreno geravam perda de velocidade de deslocamento, insegurança e erros no controle de pulverização, comprometendo a qualidade da operação. Curti e Costa (2013)

acrescentam que a desaprovação do sistema foi devido ao trator não desenvolver a velocidade adequada para aplicar o volume de calda recomendado.

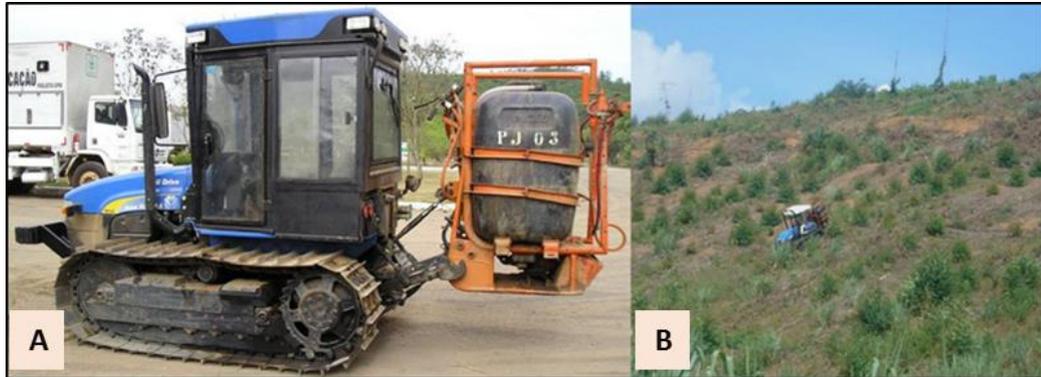


FIGURA 12 – A) TRATOR DE ESTEIRA DE PEQUENO PORTE COM PULVERIZADOR. B) CONJUNTO EM OPERAÇÃO.
 FONTE: CENIBRA (2014)

A capina com enxada é utilizada principalmente em áreas pequenas devido seu baixo rendimento e baixa disponibilidade de mão de obra (MACHADO, 2011).

Para a roçada, os métodos mais comuns envolvem o uso de foices e atualmente a utilização de motofoceadeiras tornou-se comum para a maioria das empresas e produtores rurais (ALONÇO et al., 2006).

O uso da roçada semimecanizada apresenta bom rendimento operacional e baixo custo quando comparado com os custos das operações manuais, mas nas topografias acidentadas, existem restrições a seu uso devido a presença de tocos, cupins, afloramentos rochosos e pedras soltas que danificam as facas das motofoceadeiras (SOUZA, 2008).

4.2.7 Irrigação

A irrigação visa dar condições de sobrevivência as mudas em situações de estresse hídrico decorrente da falta de chuvas ou de condições do solo/clima como quando sob alta evapotranspiração, nos primeiros dias e/ou semanas após o plantio (MAGALHÃES et al., 1978; apud BUZETTO et al., 2002).

Em terrenos montanhosos, essa torna-se uma atividade trabalhosa, mas extremamente necessária. Atualmente, na aplicação de água nas mudas recém-

plantadas é feita a partir de pulverizadores costais adaptados ou através de mangueiras que ficam conectadas em caminhão pipa na estrada e são arrastadas manualmente até o local da aplicação (CURTI e COSTA, 2013).

Um equipamento que já foi testado, mas hoje não está em operação regular é caracterizado como um *Forwarder* 6x6 onde foi instalado um tanque de aço com capacidade para 10.000 litros de água, com sistema de quebra ondas, canhão para combate a incêndios, barra de 12 metros, com saída para 3 mangueiras que eram utilizadas na irrigação por trabalhadores florestais (BURLA, 2001).

4.2.8 Controle de pragas

Dentre as pragas mais comuns da cultura do eucalipto, as formigas cortadeiras merecem destaque devido ao potencial de danos principalmente nas fases jovens do cultivo (MARICONI et al., 1981).

Dentre os métodos de combate a formigas, em áreas onde os tratores agrícolas não operam, usualmente realiza-se a distribuição de iscas formicidas de forma manual ou pelo uso de dosadores costais (ZANETTI et al., 200?).

Para o combate de pragas que atacam a copa de plantios adultos, o uso de tratores de esteira de pequeno porte com nebulizadores agrícolas, em testes, possibilitou avançar em áreas com declividades superiores a 15° na aplicação de inseticidas líquidos (FIGURA 13).



FIGURA 13 - TRATOR DE PEQUENO PORTE REALIZANDO APLICAÇÃO DE INSETICIDAS
FONTE: CENIBRA (2014)

4.3 LIMITAÇÕES A MECANIZAÇÃO

O desconhecimento de experiência de mecanização de atividades silviculturais em terrenos montanhosos e a inexistência de máquinas e implementos projetados para realizar atividades em terrenos para uso florestal faz com que seja necessário adaptar equipamentos da agricultura (BURLA, 2001) e construção civil para as atividades florestais.

Mashadi e Nasrolahi (2009) salientam o fato de que a realização de atividades agrícolas mecanizadas em locais de topografia acidentada exige atenção redobrada às normas de segurança e, principalmente aos fatores ligados a inclinação do terreno e a estabilidade lateral e frontal das máquinas utilizadas.

Atualmente a silvicultura mecanizada baseia-se em implementos florestais acoplados ou tracionados por trator agrícola, sendo que o emprego desses conjuntos é limitado as condições de garantia de segurança e estabilidade do conjunto. Nesse sentido, os parâmetros que afetam a estabilidade desses conjuntos segundo Yisa e Terao (1995) são apresentados na TABELA 1.

Para Chudakov (1977), o ângulo-limite máximo para subida de rampas com segurança para tratores agrícolas varia entre 35 e 40°, enquanto o ângulo-limite máximo para descidas de rampa está em torno de 60°, mas o mesmo autor informa que em operações em nível, o ângulo de inclinação do terreno esteja entre 40 e 60% do ângulo-limite determinado em condição estática para garantir a estabilidade dinâmica do conjunto.

Comprovando esses números, Burla (2001) menciona que a manobra em inclinações de até 15° pode ser feita em conversão direta para o próximo eito (linha ou área de operação) de trabalho, tendo-se o cuidado de não ultrapassar uma angulação de 20° entre o eixo central e o cardam, para equipamentos acoplados a barra de tração.

Souza et al. (2004) em um estudo de estabilidade de um conjunto trator-recolhedora de feijão determinaram como 17,50°, o valor da inclinação-limite dinâmica para um trator agrícola 4x2 TDA.

Tabela 1 - Parâmetros que afetam a estabilidade de conjuntos trator agrícola mais implemento.

Parâmetros que afetam a Estabilidade	
Tipo	Parâmetro
Estático	a) Massa do trator b) Largura da superfície de contato com solo c) Bitola d) Cota vertical do centro de gravidade
Dinâmico	a) Inércia b) Taxa de amortecimento do pneu c) Taxa de elasticidade do pneu
Condições Iniciais	a) Velocidade inicial do centro de gravidade b) Velocidade angular c) Aceleração do centro de gravidade d) Aceleração angular
Controle do operador	a) Forças externas b) Forças na direção c) Forças na frenagem d) Torque do motor
Propriedades do terreno	a) Coeficiente de tração bruta b) Coeficiente de força nos pneus laterais c) Ângulo de patinação do pneu d) Resistência de rolamento e) Dimensões do terreno f) Declividade

Fonte: Yisa e Terao (1995), tradução livre do Autor (2014).

Khoury Júnior et al. (2009) realizaram uma simulação computacional avaliando o comportamento dinâmico de tratores e concluíram que a condição com menor estabilidade para tombamento lateral é a que o ângulo de posição do trator em relação a uma pista inclinada é igual a 60°. Concluíram também que os fatores que mais afetam a estabilidade para tombamento lateral do trator são a bitola e a localização do centro de gravidade na coordenada vertical.

Essas evidências mostram a limitação que há para a utilização de tratores agrícolas em terrenos com elevadas declividades.

Quanto a utilização de outras máquinas bases, o maior impedimento para sua instalação continua a ser o custo elevado destes equipamentos. A maioria das grandes empresas florestais está situada em relevo plano, não gerando uma demanda suficiente para que os desenvolvedores de equipamentos destinem maiores esforços a esse, considerado até então, nicho de mercado.

As dificuldades na aquisição de terras, aumento do custo da mão de obra e alta competitividade entre as empresas continua a pressionar a busca dessas tecnologias de mecanização que possam trazer maiores benefícios econômicos, ergonômicos e de segurança e qualidade para a atividade.

4.4 TECNOLOGIAS POTENCIAIS

4.4.1 Tratores / máquinas base

Os pontos que exigem menos investimentos e permitem um avanço, pequeno mais significativo e com melhoria das condições de segurança tratam-se da utilização em tratores agrícolas, de rodados duplos, alongadores de eixos e lastros que se corretamente utilizados garantem maior segurança em terrenos com declividade moderada a alta. Algumas dessas sugestões tiveram suas eficácias comprovadas por Oliveira et al. (2004), Frantz (2011) e Leite et al. (2011).

Da mesma forma, a substituição dos rodados de pneus convencionais pelo sistema de esteiras de borracha, chamadas de *track* ou lagartas, prometem melhorar a estabilidade dos tratores e implementos em que forem instalados, por responderem melhor as irregularidades do terreno, gerando redução de patinagem e melhoria da tração.

Conforme mencionado, os tratores agrícolas são as principais máquinas bases das operações silviculturais, e sua limitação em operar em declividades elevadas faz com que outros tipos de fontes de tração sejam necessários para que a mecanização da silvicultura possa ter continuidade em terrenos montanhosos.

Uma das opções trata-se da utilização das atuais máquinas de colheita florestal para realização de atividades silviculturais. Esses equipamentos atualmente tem a capacidade de operar em áreas com até 35° de declividade, no caso de máquinas de pneus com guincho de tração auxiliar (FIGURA 11), conforme descrito por Castilho et al. (2014). Seu uso em algumas atividades silviculturais isoladas ainda é restrito do ponto de vista econômico, mas o desenvolvimento de

implementos que permitam a realização simultânea de várias atividades pode viabilizar a operação.



FIGURA 14 - HARVESTER DE PNEUS COM GUINCHO DE TRAÇÃO AUXILIAR.
FONTE: CENIBRA (2014)

Fabricantes de máquinas de colheita já tem percebido este mercado potencial e tem desenvolvido adaptações de implementos silviculturais em máquinas como *Harvesters* e *Forwarders* (PONSSE, 2010)

Dentre as máquinas utilizadas na colheita florestal, uma possibilidade de equipamento para se atingir com segurança, elevadas declividades, refere-se a uma máquina em uso nas florestas europeias, que utiliza um guincho de tração auxiliar posicionado externamente ao equipamento e é controlada remotamente por um operador, logo não tem cabine (FIGURA 12). Em países europeus é utilizada na extração de madeira no sistema *full-tree* e *cut-to-length*.



FIGURA 15 - MÁQUINA COM SISTEMA DE CABOS DE TRAÇÃO REALIZANDO BALDEIO EM TERRENOS ÍNGREMES.
FONTE: PULLY (2014)

Outra fonte de potenciais máquinas bases para os implementos refere-se as diversas atividades da agricultura em todo o mundo. Ripoli et al. (2005) descrevem

que carregadores autopropelidos têm atuado em áreas com até 31° em canaviais no Nordeste brasileiro (FIGURA 13).



FIGURA 16 - CARREGADORA AUTOPROPELIDA UTILIZADA NA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR.

FONTE: Ripoli et al. (2005)

A utilização de colhedoras com mecanismos de compensação de declividade do terreno são tecnologias comuns às culturas de soja, trigo e outros. Esses equipamentos tem a capacidade de corrigir a inclinação, a exemplo da máquina *TC5080 Hillside* da *New Holland* que consegue manter o conjunto nivelado por 6° em descidas, 17° em subidas e 21° em nível (TC5000, 2014). A utilização do conceito de semieixos nivelantes e a possibilidade de integração de várias atividades em uma mesma máquina são as características que mais atraem a esse tipo de equipamento e seu uso na implantação florestal.

Equipamentos tradicionalmente utilizados na construção civil, também são possibilidades para um uso futuro na silvicultura. Exemplos disso são as escavadeiras articuladas, desenvolvidas especialmente para terrenos irregulares que têm sido usadas na colheita florestal e recuperação de taludes (FIGURA 14). Estes produtos são próprios para áreas com declividade superior a 22° e operam em declividades de até 45° (FORESTRY, 2014; WALKING..., 2014). Estes equipamentos já são utilizados juntamente com trituradores, roçadoras e coveadores em projetos de construção civil.



FIGURA 17 - ESCAVADEIRA REALIZANDO CORTE DE VEGETAÇÃO EM TERRENOS ALTAMENTE INCLINADOS.
FONTE: FORESTRY (2014)

4.4.2 Preparo de área

Uma opção em substituição aos atuais sistemas de lâmina KG, fresadores ou discos de corte acoplados a tratores de esteira na atividade de rebaixamento de tocos (CASSELI, 2013), diz respeito a possibilidade de utilização de tratores tipo *Skidder* acoplados com cabeçotes *Feller* podendo ser utilizados em rebaixamento de tocos facilitando as operações mecanizadas posteriores e permitindo maior avanço de mecanização quando comparado aos sistemas que utilizam implementos em tratores agrícolas ou de esteiras.

Diversos fabricantes oferecem opções de trituradores e roçadoras que podem ser instaladas em escavadeiras hidráulicas ou braços hidráulicos de máquinas-base que consigam vencer maiores inclinações, podendo assim a deixar as áreas em condições adequadas para as operações posteriores.

Outras possibilidades para o preparo de área em áreas montanhosas referem-se às aquelas alternativas em que há uma adaptação dos trituradores convencionais, sobre máquinas bases que operem em terrenos muito inclinados, como citado por Loglogic... (2014).

4.4.3 Preparo de solo

O preparo de solo em terrenos montanhosos tem ganhado grande destaque nos esforços de mecanização, em busca de recompor as características do solo submetido ao tráfego das máquinas de colheita que antes não operavam nessas áreas, sendo o tópico com maior número de trabalhos científicos publicados dentre os avaliados.

Para o preparo de solo, uma opção para a substituição de implementos acoplados a tratores agrícolas refere-se a utilização de coveadores simples ou duplos montados sobre equipamentos de colheita florestal (*Harvester* e *Forwarder*).

Um exemplo desse equipamento é mostrado na FIGURA 15, onde um coveador hidráulico, com dois conjuntos de brocas independentes que realizam o movimento vertical através de cilindros hidráulicos comandados por válvulas acionadas hidraulicamente está instalado sobre um *Forwarder* 8x8 (ARADOR, 200-).



FIGURA 18 - FORWARDER 8X8 COM COVEADOR HIDRÁULICO DE BROCAS.
FONTE: Arador (200-)

Outra opção trata-se da instalação de cultivadores em escavadeiras hidráulicas para realização de preparo de solo em terrenos com elevada declividade (FIGURA 16). Empresas florestais estão testando este equipamento que tem apresentado bons resultados técnicos, conforme descrito por Bortolas et al. (2013).



FIGURA 19 - CABEÇOTE SAVANNAH 1380 REALIZANDO O PREPARO DE SOLO.
FONTE: Savannah (2012)

4.4.4 Plantio

Enquanto no Brasil, o plantio florestal mecanizado teve início recente, nos países europeus como Finlândia e Suécia, desde os anos 70-80 já existem equipamentos desenvolvidos exclusivamente para essa atividade (ERSSON, 2010).

Um exemplo é a plantadora chamada de *Ecoplanter*, que consta de máquina de plantio de mudas montada sobre *Harvester* (FIGURA 17), onde 2 cultivadores de giro geram 2 covas e a muda é depositada sobre a terra extraída da cova.



FIGURA 20 - PLANTADORA ECOPLANTER.
FONTE: Ecofräsen Ab (2007) apud Luoranen et al. (2011)

Outro exemplo de equipamento para plantio desenvolvido naquela região é a plantadeira *Bracke* (FIGURA 18).



FIGURA 21 - ESCAVADEIRA HIDRÁULICA COM PLANTADORA.
 FONTE: Arto Rummukainen apud Saarinen (2007)

Baseado no mesmo princípio da máquina descrita anteriormente, este implemento pode ser montado em *Harvester* ou escavadeira hidráulica e uma lâmina presente na plantadora realiza a movimentação de solo onde a muda é depositada (FIGURA 19). Atualmente várias empresas florestais brasileiras estão testando este equipamento e verificando sua viabilidade de instalação nas condições de solo e clima tropicais e sob as características da cultura do eucalipto. Já existem outros fabricantes de equipamentos com estas mesmas propriedades, sendo que alguns destes já associaram a aplicação de herbicida pré-emergente na mesma atividade de plantio (PLANTING..., 2014).

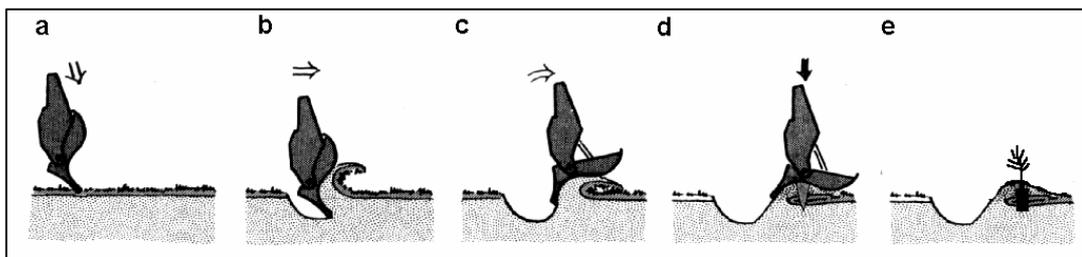


FIGURA 22 - SISTEMA ORIGINAL DE COVEAMENTO E PLANTIO.
 FONTE: Saarinen (2007)

Luoranen et al. (2011) destacam que os dois equipamentos apresentados (*Ecoplanter* e *Bracke*) mostraram bons índices de sobrevivências das mudas de *Picea abies* aos 3 e 2 anos respectivamente. A plantadora *Bracke* teve destaque pela menor incidência de mortalidade decorrente da praga *Hylobius abietis*, devido a menor concentração de húmus junto a muda, mas ambos métodos são considerados adequados para a operação de plantio mecanizado.

O equipamento *M-Planter* montado sobre escavadeira hidráulica (FIGURA 20), também desenvolvido na Finlândia usando o conceito da plantadora *Bracke*,

mas com 2 unidades escarificadoras e de plantio (ERSSON, 2010), apresentou uma produtividade em áreas de regeneração superior ao valor apresentado por outros estudos de máquinas plantadoras na Letônia, mas ainda assim, essa tecnologia não mostrou-se viável economicamente naquele país quando comparado ao plantio manual (LIEPINS et al., 2011).



FIGURA 23 - PLANTADORA M-PLANTER.
FONTE: Ersson (2010)

A mesma constatação foi feita por Keane (2002) em estudos para as condições da Irlanda, mas o autor salienta que com o aumento da concorrência e melhorias no equipamento/processo, o plantio mecanizado desempenhará um papel cada vez maior nas operações no país.

4.4.5 Fertilização

São inúmeros os tipos e modelos de equipamentos voltados a distribuição de fertilizantes em áreas planas, variando desde caminhões à tratores de elevada potência.

Para a aplicação de fertilizantes em terrenos planos e ondulados, Tiernan e Flannery (2010) citam a utilização de uma máquina base com rodado de esteiras de borracha, adaptada com um distribuidor de adubo agrícola e com sistema GPS embutido, aplicados na realização de fertilização em florestas da Irlanda (FIGURA 21). Os mesmos autores descrevem ainda, que o conjunto mostrou-se tecnicamente viável, mas requeria algumas modificações para efetiva operação.



FIGURA 24 – A) MÁQUINA BASE COM DISTRIBUIDOR DE ADUBO. B) MÁQUINA SUPERANDO INCLINAÇÃO ACENTUADA.
FONTE: LOGLOGIC... (2014)

Para operação em áreas montanhosas, outras alternativas referem-se a potenciais adaptações dos equipamentos tradicionais sobre máquinas com capacidade de vencer as elevadas declividades (FIGURA 22), conforme já desenvolvido por alguns fabricantes e descrito por Ponsse (2010).



FIGURA 25 - FORWARDER 8X8 COM DISTRIBUIDOR DE ADUBO E SUPORTE PARA BAGS.
FONTE: PONSSE (2010)

Entre as tecnologias voltadas a mecanização em terras planas, o uso de sistemas de precisão visa melhorar a qualidade da atividade e otimização de recursos podendo ser utilizados em terrenos íngremes, apesar de não terem sido desenvolvidos especificamente para esse fim. Um exemplo é a utilização de distribuidores de adubo com sensores que identificam a posição da planta realizando uma adubação em filete intermitente somente nos pontos necessários (SOARES, 2008) (FIGURA 23).



FIGURA 26 - DISTRIBUIDOR SENSORIADO DE ADUBO

FONTE: Soares (2008)

4.4.6 Controle de matocompetição

Em situações de plantio jovem e terrenos íngremes, a impossibilidade de aplicação de herbicidas nas linhas de plantio (entre plantas) sem danos por deriva do herbicida, abre espaço para utilização de roçadeiras com duplo sistema de discos cortantes (FIGURA 24). Estes equipamentos são particulares porque deslocam sua direção quando em contato com um tronco ou caule mais resistente (ROTARY..., 2014), tornando útil para controle de matocompetição onde a capina química seja restrita. Este equipamento pode ser acoplado em sistema hidráulicos de tratores e outros equipamentos que consigam vencer as condições de declividade acentuada, diminuindo assim a necessidade de capina química manual dirigida ou capina mecânica com enxadas.



FIGURA 27 - ROÇADEIRA DUPLA MÓVEL.

FONTE: ROTARY... (2014)

Para controle de vegetação ainda sem uso de herbicidas, uma opção é um tipo de trator-roçadora que opera em terrenos com até 34° de declividade (ATM..., 2014). O eixo traseiro do trator corrige a inclinação do terreno quando a operação é executada perpendicular a linha de declividade do terreno (FIGURA 25). Um equipamento com essas propriedades, se utilizado na subsolagem poderia aumentar bastante a mecanização dessa atividade que ocorre necessariamente em nível.



FIGURA 28 - TRATOR-ROÇADORA EM TERRENO INCLINADO.
FONTE: ATM... (2014)

Uma tecnologia pertencente ao campo da Silvicultura de Precisão, desenvolvido para área planas, refere-se ao uso de sistemas de aplicação localizada e automatizada de herbicidas. De acordo com Steward et al. (2002), esses sistemas operam das seguintes fórmulas: através de sensores ou de imagens que definem a necessidade de pulverização conforme o equipamento se desloca pelo campo; ou a partir de mapeamento prévio da infestação que programa o pulverizador para realizar a aplicação no local pré-determinado de controle.

Para o controle químico de matocompetição, especialistas dos Estados Unidos e Canadá desenvolveram um pulverizador para aplicação de herbicida e fertilizantes líquidos. Chamado de *WS Sprayer* (FIGURA 26), o equipamento consta de tanques que somados representam aproximadamente 2.000 litros de calda e sistema de barra retráteis, instalado sobre o chassi de um *Feller-buncher* de rodas. O conjunto conta ainda com um sistema de precisão de garante a aplicação do produto em volumes/dosagens variadas em função da característica da vegetação daninha ou situação do terreno (TAYLOR et al., 2002). O conjunto permite o combate a plantas daninhas em maiores declividades quando comparado ao sistema de tratores agrícolas, representando uma opção para a capina em áreas pré-plantio.



FIGURA 29 - FELLER-BUNCHER COM SISTEMA DE PULVERIZAÇÃO POR TAXAS VARIÁVEIS.
FONTE: Taylor et al. (2002)

Outras possibilidades para o controle de matocompetição em áreas montanhosas refere-se a aquelas alternativas em que há uma adaptação dos pulverizadores e aplicadores convencionais, sobre máquinas bases que operem em terrenos muito inclinados.

Em várias regiões dos Estados Unidos e Austrália, os produtores realizam a aplicação aérea de herbicidas através do uso de helicópteros para facilitar a instalação posterior das espécies de interesse (DICKENS et al., 200?).

4.4.7 Irrigação

Não foram observados equipamentos exclusivos para mecanização da irrigação em terrenos inclinados. As principais alternativas são a instalação de reservatórios sob máquinas que operem em terrenos íngremes que podem aplicar a água através de dispositivos mecânicos ou através de mangueiras conduzidas por trabalhadores florestais.

Uma das tecnologias que visam aperfeiçoar a qualidade da mecanização em áreas planas e pode ser utilizado em todas as demais situações de terreno diz respeito a utilização de barras retráteis com irrigadores automáticos instalados na frente de tratores com tanques pipas de arraste ou em outras máquinas bases com reservatórios de água. Este equipamento possui sensores que identificam as mudas

e liberam a dosagem de água pré-programada aumentando a eficiência da operação e otimizando recursos.

4.4.8 Controle de pragas

Para o combate de pragas, principalmente as formigas cortadeiras, já existem diversos equipamentos que realizam a distribuição de iscas formicidas granuladas em áreas planas.

Para terrenos inclinados, a principal possibilidade é a instalação destes implementos em máquinas que avancem em terrenos inclinados. Nesse aspecto, as máquinas de pequeno porte seriam as mais vantajosas tecnicamente, em virtude do pequeno volume de insumo utilizado em uma área a ser trabalhada.

Das tecnologias potenciais para áreas planas, o uso de sistemas de precisão, onde sensores identificam o formigueiro e realizam a distribuição da isca formicida (FIGURA 27), promete melhorar a eficiência do combate e maximizar o uso dos recursos com garantia de atendimento as condições de segurança e qualidade.

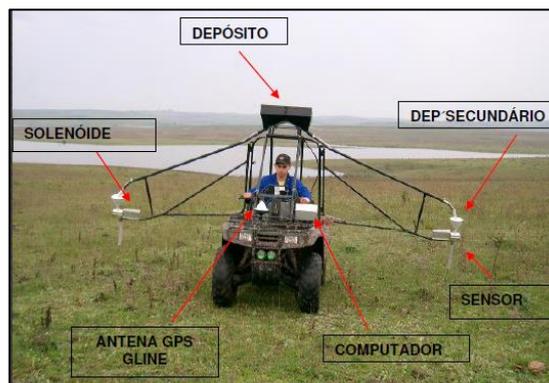


FIGURA 30 - QUADRICICLO COM SISTEMA DE PRECISÃO PARA APLICAÇÃO DE ISCAS FORMICIDAS.

FONTE: Soares (2008).

4.5 SÍNTESE DE MÁQUINAS E APLICAÇÕES

Na TABELA 2 são apresentados as principais tecnologias descritas ao longo do trabalho.

Tabela 2 - Resumo dos equipamentos apresentados por atividade silvicultural.

SITUAÇÃO	ATIVIDADE	EQUIPAMENTOS	ILUSTRAÇÃO
Tecnologia testada/atual	Preparo de área	Trator de esteira + triturador de resíduos	
		Escavadeira hidráulica + triturador de resíduos	
	Preparo de solo	Motocoveador	
		Enxadão	
		Escavadeira hidráulica + coveador de hastes	
		Escavadeira hidráulica + coveador circular	
		Trator de esteiras + subsolador	
		Track skidder + subsolador	

SITUAÇÃO	ATIVIDADE	EQUIPAMENTOS	ILUSTRAÇÃO
Tecnologia testada/atu	Plantio	Plantadeira	
	Fertilização	Dosador manual	
		Adubadeira	
		Forwarder + caçamba/distribuidor	
		Trator de esteira pequeno porte + distribuidor	
		Avião agrícola	
	Controle de matocompetição	Enxadas/foices	
		Motoroçadora	
		Pulverizador costal	
		Avião/helicóptero	
		Forwarder + pulverizador	
		Trator de esteira pequeno porte + pulverizador	

SITUAÇÃO	ATIVIDADE	EQUIPAMENTOS	ILUSTRAÇÃO
Tecnologia testada/atu	Irrigação	Pulverizador costal	
		Caminhão pipa + mangueiras	
		Forwarder + pipa/mangueiras	
	Controle de pragas	Dosador manual de iscas	
		Dosador costal	
		Pulverizador costal	
		Trator de esteira pequeno porte + distribuidor/pulverizador	
	Tecnologia potencial	Preparo de área	Skidder + cabeçote feller
Escavadeira + triturador/rebaixador			
Preparo de solo		Forwarder + coveador de broca	
		Escavadeira hidráulica + cultivador	

SITUAÇÃO	ATIVIDADE	EQUIPAMENTOS	ILUSTRAÇÃO
Tecnologia potencial	Plantio	Harvester de pneus + plantadora	
		Escavadeira hidráulica + plantadora	
	Fertilização	Trator de esteira pequeno porte + distribuidor de adubo	
		Forwarder + distribuidor de adubo	
	Controle de matocompetição	Trator-roçadora	
		Feller-buncher + pulverizador	
	Irrigação	Forwarder + tanque de irrigação	
	Controle de pragas	Trator de pequeno porte + distribuidor de iscas / pulverizador	

5 CONCLUSÕES

Este trabalho permitiu concluir que:

- Existem poucos equipamentos para operações silviculturais em áreas montanhosas em uso regular.
- Trator agrícola é a base da maioria dos trabalhos de mecanização da silvicultura.
- Apesar das inúmeras tecnologias testadas, poucas estão em operação regular em terrenos íngremes.
- O *Forwarder* se mostrou uma máquina bastante versátil sendo empregada em diversas operações silviculturais.
- A maioria das tecnologias com potencial uso para terrenos íngremes foram desenvolvidas em outros países.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMADO, R. P. Intensificação da mecanização e da automação em atividades silviculturais na Arcelormittal bioflorestas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba/SP, v. 17, n. 38, p. 7-21, ago. 2013.

ALONÇO, A. S.; MEDEIROS, C. A.; MEDEIROS, F. A.; WERNER, V. Análise ergonômica do trabalho em atividades desenvolvidas com uma roçadora manual motorizada. **Ciência Rural**, Santa Maria/RS, v.36, n.5, p.1638-1642, set-out. 2006.

ALTOÉ, F. E. **História e evolução da colheita florestal no Brasil**. 2004. 51 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/RJ, 2004.

ARADOR. **Arador máquinas e implementos agrícolas LTDA**. Jaboticabal/SP, [200-].

ATM 162 Mowers. **Harper Industrias INC**, Harper – Estados Unidos, 2014. Disponível em: <<http://www.deweze.com/PDF/162Lit.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2014.

BORTOLA, E. P.; STAHL, J.; MINATEL, R. Preparo de solo em áreas de reforma de *Pinus* e *Eucalyptus* com idade superior a 20 anos. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba/SP, v. 17, n. 38, p. 93-98, ago. 2013.

BURLA, E. R. **Mecanização das atividades silviculturais em relevo ondulado**. Belo Oriente/MG: Cenibra, 2001. 144 p, 21 cm.

BUZETTO, F. A.; BIZON, J. M. C.; SEIXAS, F. Avaliação de polímero adsorvente à base de acrilamida no fornecimento de água para mudas de *Eucalyptus urophylla* em pós-plantio. **Circular Técnica**, Piracicaba/SP, n. 195, abr. 2002.

CASSELLI, V. **Remoção de tocos de eucalipto com sistema de serra tubular**. 2013, 112 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba/SP, 2013.

CASTILHO, A. S.; FERNANDES, B. R.; FIRME, D. J.; AMARAL, E. J.; BORGES, S. M. Colheita de madeira em áreas com relevo acidentado utilizando equipamentos de alta performance. In: XVII SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SISTEMAS DE

COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 2014, Campinas.
Resumos... Campinas: Malinovski Florestal, 2014.

CENIBRA – CELULOSE NIPO-BRASILEIRA S.A. **Plano de Manejo Florestal**. Belo Oriente/MG, v.9, 2013.

CENIBRA – CELULOSE NIPO-BRASILEIRA S.A. [**Acervo de fotos 1990-2014**]. Belo Oriente/MG, 2014.

CHAIM, A. **História da pulverização**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 17 p.

CHUDAKOV, D. A. **Fundamentos de la teoría y el cálculo de tractores y automóveis**. Moskow: Mir Publishers. 1977. 435 p.

CURTI, L. S. P.; COSTA, M. R. Desenvolvimento e desafios da mecanização e da automação na CENIBRA. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba/SP, v. 17, n. 38, p. 29-37, ago. 2013.

CUSINATO, L. A.; CAPITANI, L. R.; MAIA, S. M.; GALERA, I. A. B.; THOMAZ, S. K.; SILVA, C. R. Prevenção e controle de incêndios florestais em povoamentos de eucaliptos em região acidentada. **Circular Técnica**, Piracicaba/SP: IPEF, n. 169, jul. 1989.

DADOS e Fatos. **IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores**, [S.l.], 2014. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/web/pt/dados-fatos/>>. Acesso em: 16 jul. 2014.

DICKENS, D.; MCELVANY, B.; MOORHEAD, D. **Establishing Southern Pine Plantations** – Site Preparation Options. [S.l.], 200?. Disponível em: <http://www.forestproductivity.net/preparation/site_preparation_options.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2014.

ERSSON, T. **Possible Concepts for Mechanized Tree Planting in Southern Sweden**. Alnarp, Suécia: Sveriges Lantbruksuniversitet, n. 269, 2010.

FERREIRA, P. C. **Avaliação ergonômica de algumas operações florestais no município de Santa Bárbara-MG**. 2006. 77 p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Sustentabilidade) - Centro Universitário de Caratinga, Caratinga/MG, 2006.

FESSEL, V. A. G. **Qualidade, desempenho operacional e custo de plantios, manual e mecanizado, de *Eucalyptus grandis*, implantados com cultivo mínimo do solo**. 2003, 106 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba/SP, 2003.

FORESTRY. **Menzi Muck**, [S.l.], 2014. Disponível em: <<http://www.menzimuck.com/en/produktgruppe/forst.html>>. Acesso em: 22 Jul. 2014.

FRANTZ, U. G. **Análise de desempenho em tração de rodado simples e duplo em um trator agrícola**. 2011, 120 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2011.

GIUNTI NETO, C. J.; BIZON, J. M. C.; ZANARDO, C. E.; PATROCÍNIO, D. D.; SILVA, C. R.; GRASSI, M. H. F.; MATTOS, E. M.; GONÇALVES, J. L. M. Avaliação do preparo de solo realizado pelo cabeçote coveador sobre a produtividade e uniformidade do povoamento. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba/SP, v. 17, n. 38, p. 43-51, ago. 2013.

KEANE, M. The Mechanization of Planting on Restock Sites in Ireland. In: AFFORESTATION IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT, 2002, Clare. **Seminar Proceedings...** Clare, Ireland: FAO - Food and Agriculture Organisation of the United Nations, 2002. p. 287-298.

KHOURY JUNIOR, J. K.; SOUZA, C. M. A.; RAFULL, L. Z. L.; VARELLA, C. A. A. Simulação da estabilidade de tratores agrícolas 4 x 2. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 257-267, 2009.

LEITE, F.; SANTOS, J. E. G.; LANÇAS, K. P.; LEITE JÚNIOR, J. B. Evaluation of tractive performance of four agricultural tractors in laterally inclined terrain. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 5, p. 923-929, set./out. 2011.

LIEPINS, K.; LAZDINA, D.; LAZDINS, A. Productivity and cost-effectiveness of the *M-Planter* tree planting in Latvian conditions. **Baltic Forestry**, [S.l.], v. 17, n. 2, p. 308-313, 2011.

LIMA, J. S. S.; SOUZA, A. P.; MACHADO, C. C. Estimativa das estabilidades longitudinal e transversal de tratores florestais utilizados na colheita de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 839-844, 2004.

LOGLOGIC SoftTrak. **All terrain vehicles Loglogic**. Cullompton, Reino Unido, 2014. Disponível em: <<http://www.loglogic.co.uk/index.php/product-range/all-terrain-vehicles/softrak>>. Acesso em: 14 ago. 2014.

LOUZADA, P. T. C.; MARCIANO, L. Aspectos da utilização do sistema de cultivo mínimo na implantação de florestas de eucalipto na Veracruz Florestal. In: SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO DE SOLO EM FLORESTAS, 1, 1995, Curitiba. **Anais...** Curitiba/PR: IPEF, 1995.

LUORANEN, J., RIKALA, R.; SMOLANDER, H. Machine planting of Norway spruce by Bracke and Ecoplanter: an evaluation of soil preparation, planting method and seedling performance. **Silva Fennica**, Helsinki, Finlândia, v. 45, n. 3, p. 341–357, 2011.

MACHADO, M. S. **Diâmetro de coroamento e métodos de controle de plantas daninhas no crescimento do eucalipto em sistema silvipastoril**. 2011, 42 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2012.

MALINOVSKI, R. A. Tendências e perspectivas da mecanização em silvicultura. In: CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE, 4, 2012, Curitiba. **Anais...** Curitiba/PR: Malinovski Florestal, 2012.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R.; YAMAJI, F. M. Análise das variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de madeira em função das características físicas do terreno, do povoamento e do planejamento operacional florestal. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 36, n. 2, mai./ago. 2006.

MARICONI, F. A. M.; MENDES FILHO, J. M.; MORAES, T. S. Formigas cortadeiras em povoamentos florestais. **Série Técnica**, Piracicaba/SP, v. 2, n. 7, p. 1-29, 1981.

MARTINS, R. N. et al. (ORG). Apostila do curso Técnicas de Plantio de Florestas. In: PLANO DE AÇÃO DO PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL DO VALE DO PARNAÍBA (PDFLOR-PI), 9, 2010, Curitiba/PR: CODEVASF/Governo do Estado do Piauí/FUPEF, 2010.

MASHADI, B.; NASROLAHI, H. Automatic control of a modified tractor to work on steep side slopes. **Journal of Terramechanics**, Oxford, Inglaterra, v. 46, p. 299-311, 2009.

MATTOS, E. M.; GIUNTI NETO, C. J.; BIZON, J. M. C.; GONÇALVES, J. L. M. Avaliação do preparo de solo realizado pelo coveador mecânico “Rotree” e seu impacto na produtividade e uniformidade do povoamento. In: 3º ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 2014, Campinas. **Resumos Expandidos...** Campinas/SP: EMBRAPA Florestas, 2014.

MINETTE, L. J.; SILVA, E. P.; SOUZA, A. P.; HERMSDORFF, W. L. Avaliação ergonômica do protótipo de um motocoveador hidráulico, utilizado em atividades de silvicultura florestal. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, MG, v. 18, n. 6, nov./dez., p. 488-495, 2010.

MONTEBELLO, A. E. S.; BACHA, C. J. C. Avaliação das pesquisas e inovações tecnológicas ocorridas na silvicultura e na produção industrial de celulose no Brasil. **RESR**, Piracicaba, SP, v. 47, n. 02, p. 485-517, abr./jun. 2009.

OLIVEIRA, R. B.; XAVIER, A. C.; QUARTO JÚNIOR, P.; SILVA, A. F.; LIMA, J. S. S. Mapeamento das áreas aptas para tráfego de tratores agrícolas no município de Alegre-ES. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9, ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 5, 2004, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos/SP: Universidade do Vale do Paraíba, 2004.

PAGOTTO, L. O. **Avaliação do desempenho operacional e da logística das atividades silviculturais da Aracruz Celulose S.A.** 2007. 85 p. Relatório de Estágio Profissionalizante em Engenharia Florestal, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, 2007.

PEREIRA, D. P.; FIEDLER, N. C.; LIMA, J. S. S.; GUIMARÃES, P. P.; MÔRA, R.; CARMO, F. C. A. Eficiência da subsolagem na profundidade de preparo do solo em função da declividade do terreno. **Cerne**, Lavras, MG, v. 18, n. 4, p. 607-612, out./dez., 2012.

PLANTING machines for spruce, pine and eucalyptus Risutec PM100 - serie. **Risutec planting machines**. Nakkila, Finlândia, 2014. Disponível em: <<http://www.risutec.fi/en/products/risutec-pm100>>. Acesso em: 14 ago. 2014.

PONSSE. **Ponsse attachments add value to your machine**. Vieremä, Finlândia: Ponsse Plc, n. 8, v. 10.2, 2010. Disponível em: <<http://www.proml.pl/uploads/specyfikacje/attachment.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2014.

PULLY: Next generation carrer. **KONRAD**, [S.l], 2014. Disponível em: <<http://www.forsttechnik.at/general-information-7/>>. Acesso em: 22 Jul. 2014.

RIPOLI, T. C. C.; MOLINA JÚNIOR, W. F.; RIPOLI, M. L. C. **Sistemas de colheita de biomassa de cana-de-açúcar – colmos e palhiço**. 2005. Apostila LER342 – Máquinas Agrícolas. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, Piracicaba/SP, 2005.

ROTARY mowers: SAR-X. **SEEPI M**, Caldaro – Italy, 2014. Disponível em: <<http://www.seppi.com/en/mulcher-mower-shredder-tiller-stump-grinder/rotary-mowers/sar-x.html>>. Acesso em: 19 Jul. 2014.

SAARINEN, V. M. Productivity, quality of work and silvicultural result of mechanized planting. In: NORDIC NURSERY CONFERENCE, 2007, Suonenjoki. **Oikeudenkäynnissä...**, Suonenjoki – Finlândia: Finnish Forest Research Institute, 2007. Disponível em: <<http://www.metla.fi/tapahtumat/2007/nsfp-taimitarharetkeily/abstracts/nsfp050907-saarinen.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2014.

SALMERON, A. Mecanização da exploração florestal. **Circular Técnica**, Piracicaba/SP: IPEF, n. 88, out. 1980.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. São Carlos, SP, v. 11, n. 1, p. 83-89, jan./fev. 2007.

SEIXAS, F. Compactação do solo devido à mecanização florestal: causas, efeitos e práticas de controle. **Circular Técnica**, Piracicaba/SP: IPEF, n. 163, out. 1988.

SILVEIRA, G.M. **O preparo do solo**: implementos corretos. Rio de Janeiro: Globo, 1988. 234 p.

SOARES, R. A. Evolução das máquinas e implementos florestais em silvicultura. In: 1º ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 2008, Curitiba. **[Trabalhos apresentados]**, [Curitiba]: EMBRAPA Florestas, 2008. Disponível em: <http://www.colheitademadeira.com.br/imagens/publicacoes/208/evolucao_das_maquinas_e_implementos_florestais_em_silvicultura_.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2014.

SOARES, R. A. A evolução da mecanização na silvicultura brasileira. **Revista Opiniões**. Ribeirão Preto/SP, p. 16, dez./fev., 2009.

SOUZA, L. H. S.; VIEIRA, L. B.; FERNANDES, H. C.; LIMA, J. S. S.; KHOURY JUNIOR, J. K. Determinação da estabilidade lateral de um conjunto trator-recolhedora de feijão para o trabalho de campo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 12, n. 1, p. 66-71, jan./mar., 2004.

SOUZA, P. G. **Influência do controle mecânico e do controle químico de plantas infestantes sobre o crescimento de mudas de *Eucalyptus L'Hér., 1789***. 2008, 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

STEWART, B. L.; TIAN, L. F.; TANG, L. Distance-based control system for machine vision based selective spraying. **American society of agricultural engineers**, [S.l.], v. 45, n. 5, p. 1225-1262, 2002. Disponível em: <<http://www.public.iastate.edu/~bsteward/distancebasedcontroller.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2014.

TAYLOR, S.E. VEAL, M. W.; GRIFT, T.E. Precision forestry: operational tactics for today and tomorrow. In: MEETING OF THE COUNCIL ON FOREST ENGINEERING, 2002, Corvallis. **Proceedings...**, Corvallis, OR, Estados Unidos: Council on Forest Engineering, 2002. Disponível em: <<http://www.eng.auburn.edu/files/file169.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2014.

TIERNAN, D.; FLANNERY, M. Assessing the potential for spreading fertiliser in forests using ground-based machines. **Coford Connects**, [S.l.], n. 17, jun. 2010. Disponível em: <<http://www.coford.ie/media/coford/content/publications/projectreports/cofordconnects/sm17.pdf>>. Acesso em 19 ago. 2014.

TC5000. **New Holland**, [S.l.], 2014. Disponível em: <http://www.itro.si/fileadmin/user_upload/new_holland/proizvodi/kombajni/TC5000/Brosure/TC5000_EN.pdf>. Acesso em: 22 Jul. 2014.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Manejo e controle de plantas daninhas na cultura de soja. **Documentos online**, Passo Fundo/RS: Embrapa Trigo, 2006, 23 p. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do62.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2014.

VERGANI, A. R.; SANTOS, G. D. Aspectos operacionais e mecanização das atividades silviculturais na Caxuana: experiência da primarização. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba/SP, v. 17, n. 38, p. 22-28, ago. 2013.

WALKING Mobile Excavator: Technical data S2 4x4 Cross. **KAISER**, Schaanwald – Liechtenstein, 2014. Disponível em: <<http://www.kaiser.li/fileadmin/images/2->

[BAGGER/2-Produktpalette/3-S2_SchreitMobilB/3-S2_4x4_Cross/Datenblatt_S2_4x4_CROSS_en.pdf](#)>. Acesso em: 22 Jul. 2014.

WHELAN, B. M.; McBRATNEY, A. B.; BOYDELL, B. C. The Impact of Precision Agriculture. In: ABARE OUTLOOK CONFERENCE “THE FUTURE OF CROPPING IN NW NSW”, 1997, Moree. **Proceedings...** Moree, Reino Unido: [S.n.], 1997, p. 5.

WICHERT, M. C. P. **Erosão hídrica e desenvolvimento inicial do *Eucalyptus grandis* em um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes métodos de preparo de solo no Vale do Paraíba-SP.** Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

WICHERT, M. C. P. Evolução do preparo de solo e plantio e seus efeitos na profundidade das florestas plantadas. **Revista Opiniões.** Ribeirão Preto/SP, p. 19, mar./mai., 2006.

WILCKEN, C. F.; LIMA, A. C. V.; DIAS, T. K. R.; MASSON, M. V.; FERREIRA FILHO, P.J.; POGETTO, M. H. F. A. D. **Guia prático de manejo de plantações de eucalipto.** Botucatu/SP: FEPAF, 2008, 25 p.

YISA, M.; TERAQ, H. Dynamics of Tractor-implement Combinations on Slopes (Part I). **J. Fac. Agr. Hokkaido Univ.**, Sapporo, Japão, v. 66, p. 240-262, 1995.

ZANETTI, R.; CARVALHO, G. C.; SANTOS, A.; SOUZA-SILVA, A.; GODOY, M.S. **Manejo integrado de formigas cortadeiras.** [200?]. Notas de Aula de Entomologia, UFLA, [200?]. Disponível em: <http://www.den.ufla.br/attachments/article/73/Aula6_MIP_FORMIGAS.pdf>. Acesso em: 22 Jul. 2014.